

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-196288
 (43)Date of publication of application : 14.07.2000

(51)Int.Cl.

H05K 9/00
E04B 1/92

(21)Application number : 2000-039875

(22)Date of filing : 29.08.1997

(71)Applicant : KAJIMA CORP

(72)Inventor : KAWASAKI KIMIO
HIRANO KOTARO
SASADA MASAHI
YOSHIDA YOSHIMASA
YAMANOUE KAZUYUKI
KOSAKA SHUICHI
HIRAI JUNICHI

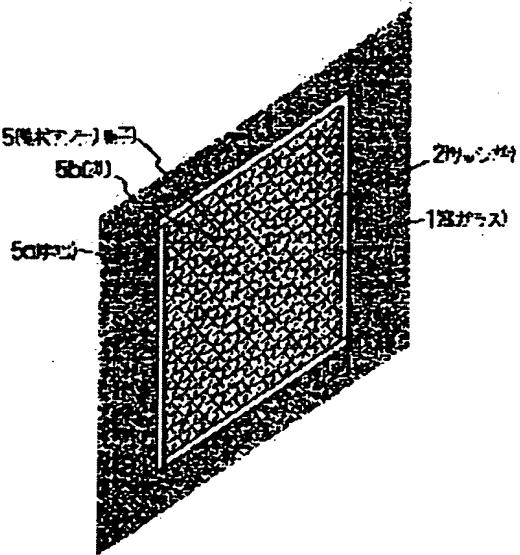
(30)Priority

Priority number : 08229557 Priority date : 30.08.1996 Priority country : JP

(54) ELECTROMAGNETIC SHIELDING STRUCTURE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To select only a band of required frequencies and make electromagnetic shield by arranging linear antenna elements on a synthetic resin film as electromagnetic shielding elements, while taking into account the electromagnetic field reflection, etc., of the elements, so that radio waves are made to scatter and attenuate by the antenna elements.

SOLUTION: Linear antenna elements 5 of lengths which correspond to radio wave frequencies to be shielded are provided as a circuit pattern by the etching or screen printing method on a synthetic resin film of polyimide, polyester, polyethylene, etc. They are arranged regularly on a window glass 1, with taking account of the electromagnetic reflection equivalent area or volume, such that the one-side length of the antenna element 5 extending from the center 5a is quarter of the wavelength of the radio wave to be cut off, thereby attenuating the radio wave. This enables the radio wave shield to be selected in only the radio wave band of required frequencies.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 21.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.04.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-08827

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 28.04.2004

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-196288

(P2000-196288A)

(43)公開日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(51)Int.Cl.⁷

H 05 K 9/00
E 04 B 1/92

識別記号

F I

H 05 K 9/00
E 04 B 1/92

テマコト[®](参考)

V

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2000-39875(P2000-39875)

(62)分割の表示 特願平9-233411の分割

(22)出願日 平成9年8月29日(1997.8.29)

(31)優先権主張番号 特願平8-229557

(32)優先日 平成8年8月30日(1996.8.30)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000001373

鹿島建設株式会社

東京都港区元赤坂1丁目2番7号

(72)発明者 川崎 公雄

大阪府大阪市西区阿波座一丁目3番15号

鹿島建設株式会社関西支店内

(72)発明者 平野 浩太郎

兵庫県宝塚市逆瀬川2-8-57 国際情報
科学研究財団内

(74)代理人 100078695

弁理士 久保 司

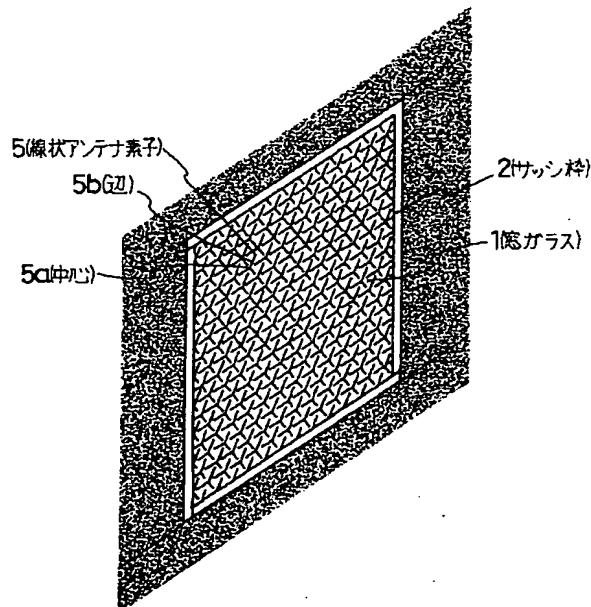
最終頁に続く

(54)【発明の名称】電磁シールド構造

(57)【要約】

【課題】 必要な周波数帯の電波のみを選択して電磁シールドが可能であり、また、周囲の金属サッシ等に導電材等により導電処理させる必要もなく、既設のものに対しても簡単に電磁シールドを施すことができる。

【解決手段】 フィルム材として、ポリイミドフィルムやポリエステルフィルム、ポリエチレンフィルム等の合成樹脂フィルムに、遮蔽しようとする電波に共振させる長さの線状アンテナ素子を電磁遮蔽素子として、その素子の電磁界反射等価面積(散乱開口面積)または電磁界反射等価体積(散乱開口体積)を考慮して配列させ、この線状アンテナ素子で電波を散乱させこれにより減衰させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フィルム材として、ポリイミドフィルムやポリエステルフィルム、ポリエチレンフィルム等の合成樹脂フィルムに、遮蔽しようとする電波と共に共振させる長さの線状アンテナ素子を電磁遮蔽素子として、その素子の電磁界反射等価面積（散乱開口面積）または電磁界反射等価体積（散乱開口体積）を考慮して配列させ、この線状アンテナ素子で電波を散乱させこれにより減衰させることを特徴とする電磁シールド構造。

【請求項2】 線状アンテナ素子は端部開放形状とし、中心から伸びるその一辺の長さ（電気長）を遮蔽しようとする電波の1/4波長（一本形状の場合は1/2波長）とする電磁シールド構造。

【請求項3】 線状アンテナ素子は環状線路形状であり、その周囲長（電気長）を遮蔽しようとする電波の波長と同じくする電磁シールド構造。

【請求項4】 線状アンテナ素子は複数の周波数を遮蔽できるように複数種からなり、寸法、形状の異なる2種以上の線状アンテナ素子を組合せて配列させる請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の電磁シールド構造。

【請求項5】 線状アンテナ素子は複数の周波数を遮蔽できるように複数種からなり、端部開放形状の線状アンテナ素子と環状線路形状の線状アンテナ素子とを組合わせる請求項4記載の電磁シールド構造。

【請求項6】 線状アンテナ素子は複数の周波数を遮蔽できるように複数種からなり、端部開放形状の線状アンテナ素子同士で、長さが異なるものを組合わせる請求項4記載の電磁シールド構造。

【請求項7】 線状アンテナ素子は複数の周波数を遮蔽できるように複数種からなり、環状線路形状の線状アンテナ素子同士で、長さが異なるものを組合わせる請求項4記載の電磁シールド構造。

【請求項8】 端部開放形状の線状アンテナ素子は、各辺の端を隣接する線状アンテナ素子の中心に近づけて配列する請求項2記載の電磁シールド構造。

【請求項9】 端部開放形状の線状アンテナ素子は、この線状アンテナ素子部分が環状線路形状である請求項2記載の電磁シールド構造。

【請求項10】 線状アンテナ素子相互は、減衰量の関係を考慮して配列間隔を決定する請求項1ないし請求項9のいずれかに記載の電磁シールド構造。

【請求項11】 線状アンテナ素子は、体積抵抗率を少なくとも 5×10^{-8} ($\Omega \cdot m$) 以下とする請求項1ないし請求項10のいずれかに記載の電磁シールド構造。

【請求項12】 線状アンテナ素子は、導電性に優れ、耐久性、耐候性に優れる素材とし、少量のガラス質を混入させる請求項1ないし請求項11のいずれかに記載の電磁シールド構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、建物の窓に使用する窓ガラス、その他、自動車や列車等の乗り物の窓ガラスや、間仕切りやボックス等の什器の窓ガラス等種々の窓ガラスその他で、電磁シールド性能を持つものに使用する電磁シールド構造に関する。

【0002】

【従来の技術】建築物や建物内部または乗り物内部の電磁シールドの必要性は、無線技術を応用したパーソナルな携帯機器を法に定められた枠内で活用する場合などの周波数の再利用や、電波の干渉妨害対策や、通信のセキュリティ対策の目的から求められる。

【0003】例えば、特定の建物内で、事業所用PHS（自営——屋内専用）やwireless-LAN（無線LAN）を設ける場合、いざれも技術基準に基づいて製造され、その技術内容は公開され、しかも分析する測定機が市販されているので、屋内業務に使われる通信情報は屋外から容易にアクセスされ通信内容の傍受が可能となる。

【0004】公衆使用と兼用されているPHS端末では暗号化等による通信内容漏洩保護は大変に難しいのでセキュリティの維持を行うには一般には通信エリア外への電波の漏洩を防止する電磁シールドしか方法がない。

【0005】また、利用できる周波数チャンネルが制限されているので、可能な限りの使用台数を確保するためには使用エリアに応じて電波を閉じ込めるためのシールドが必要となる。

【0006】さらに、電磁シールドの必要性は、病院等医療分野で電磁波が医療機器や患者へ干渉して障害を発生させる場合や、レストランや車両内などの公共のエリアで他人に携帯電話の使用で迷惑をかけないようにすること、さらに、コンサートホール等で観客に静寂を求める場合などに、携帯電話等が作動しないようにすることからも要請される。

【0007】電波に対する電磁シールドは現在でもすでに広く使用されており、金属板や金属メッシュあるいは電波吸収材による研究が多くなされている。例えば、ビル構造の電磁シールドとして、従来は、各床面はデッキプレートその他の鉄板などにより十分な電磁遮蔽が行え、外部壁面並びにテナント間のパーテーションには銅箔や金属メッシュをすきまなく貼り付けることによりマイクロ波帯でも有効な電磁遮蔽が行える。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】これに対してガラス窓は光の透過性を確保することからも、電磁遮蔽が困難である。そのため、電磁遮蔽を行うにはビルの各室における窓ガラスを全く無くして壁面とし、その壁面を前記電磁シールド構造とすることがあるが、この場合には視界がなく極めて閉塞感の伴った住環境を強いられる結果となる。

【0009】また、窓ガラスに電磁シールド構造を施すには、内部に金網を入れることも行われているが、例え

ばP H Sで使用する電波（周波数が1.9 GHz帯）の電磁遮蔽では0.1mm程度の非常に細かい網目が必要となって、電磁遮蔽は行われるもの透明感は損なわれてしまい住環境としては良好のものとは言えない。

【0010】窓ガラスに電磁シールド構造を施す他の例として、タングステン、アルミなどの極めて薄い金属蒸着膜をガラス表面または内部に全面にわたりラミネートすることがあり実用されている。この方法ではP H S (1.9 GHz)あるいは無線L A N (2.45GHz)に対して最大20~30dB (= 1/100 ~ 1/1,000)に減衰させることは知られている。これによれば、可視光線に対しては30~35%の減少に留まるので視界制限はない。

【0011】しかし、この方法では採光あるビルの解放感を損なうことなく屋外からの侵入電波を遮蔽することはある程度は可能であるが、全ての範囲の周波数帯にわたり遮蔽するので確かに電波遮蔽は行うが、それでは遮蔽すると困る通常の通信、例えば、公衆携帯電話、ポケベル、各種放送、警察や消防に緊急通信、コードレス電話などの日常通信まで遮蔽されることになる。

【0012】本発明の目的は前記従来例の不都合を解消し、窓に使用した場合は、採光性・可視性を損なうことなく、しかも必要な周波数の電波帯のみを選択して電磁シールドが可能であり、また、窓枠の金属サッシ等の電磁シールド部材間の隙間部分の導電材による通電処理や接地処理をする必要もない電磁シールド構造を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するため、第1に、フィルム材として、ポリイミドフィルムやポリエスチルフィルム、ポリエチレンフィルム等の合成樹脂フィルムに、遮蔽しようとする電波に共振させる長さの線状アンテナ素子を電磁遮蔽素子として、その素子の電磁界反射等価面積（散乱開口面積）または電磁界反射等価体積（散乱開口体積）を考慮して配列させ、この線状アンテナ素子で電波を散乱させこれにより減衰させることを要旨とするものである。

【0014】第2に、線状アンテナ素子は端部開放形状とし、中心から伸びるその一辺の長さ（電気長）を遮蔽しようとする電波の1/4波長（一本形状では1/2波長）とすること、または、線状アンテナ素子は環状線路形状であり、その周囲長（電気長）を遮蔽しようとする電波の波長と同じくすることを要旨とするものである。

【0015】第3に、寸法、形状の異なる2種以上の線状アンテナ素子を組合せて配列させること、および、端部開放形状の線状アンテナ素子と環状線路形状の線状アンテナ素子とを組合わせること、または、端部開放形状の線状アンテナ素子同士で、長さが異なるものを組合わせること、もしくは、環状線路形状の線状アンテナ素子同士で、長さが異なるものを組合わせることを要旨とす

るものである。

【0016】第4に、端部開放形状の線状アンテナ素子は、各辺の端を隣接する線状アンテナ素子の中心に近づけて配列すること、および、端部開放形状の線状アンテナ素子は、この線状アンテナ素子部分が環状線路形状であることを要旨とするものである。

【0017】第5に、線状アンテナ素子相互は、減衰量の関係を考慮して配列間隔を決定することを要旨とするものである。

10 【0018】第6に、線状アンテナ素子は、その要求遮蔽性能に応じて体積抵抗率の少ない素材を選定すること、望ましくは 5×10^{-8} ($\Omega \cdot m$) 以下とすること、および、線状アンテナ素子は、導電性に優れ、耐久性、耐候性に優れる素材、例えば銀とし、少量、例えば、5%程度のガラス質を混入させることによりガラスと一体化させることを要旨とするものである。

【0019】請求項1から請求項3記載の本発明によれば、線状アンテナ素子はアンテナの金属部分が占める面積のみが電磁波エネルギーを反射するのではなく、金属部分の近傍のある範囲の電磁界を広い範囲で反射させる。そしてこの線状アンテナ素子をこの電磁界反射等価面積あるいは等価体積を考慮して空間中あるいは非導電性材料上に平面的あるいは立体的に配置することにより電磁シールドができる。また、間隔を存して全面を覆うことがないので、採光性・可視性を損なうことがない。これに加えて、フィルム膜の貼り付けはガラスの破損時の飛散防止や、日射量の調整も可能である。また、建設後から追加施工することもできる。

【0020】しかも、バターン化した小さな線状アンテナ素子はその長さを特定することにより、特定の周波数を遮蔽でき、その結果、他の電波を通過させて、警察、消防無線などの無線、テレビ電波など、外部からの情報の収集が必要な電波は遮蔽せず、建物内部で使用する特定の電波のみの外部漏れを防ぎ、セキュリティを高めるとともに周波数チャンネルの再利用ができる。

【0021】また、このように線状アンテナ素子はほとんどが反射損失により遮蔽し、一方、吸い取られた（受信した）電力の多くは熱損失として吸収されるので、線状アンテナ素子を窓枠の金属サッシ等に導通させて接地させる必要もなく、導電接続に限定されずに自由な設定ができる。

【0022】さらに、実際の電波では偏波面が一様ではなく様々な傾きをもっているが、線状アンテナ素子を環状線路形状または方向性をもたせた端部開放形状として、あらゆる偏波面の電波にも対応できる。

【0023】請求項4から請求項7記載の本発明によれば、長さの異なる線状アンテナ素子を組合せて規則的に配列させることで、複数の周波数帯の電波を電磁シールドすることができ、このように、遮蔽する電波を複数の周波数帯のものに特定することで幅広く対応できる。例

えば携帯電話に関しては、900 MHz 帯、および1.5GHz 帯に割り当てられた2つの周波数帯のすべてを対象として電磁シールドをかけることができる。

【0024】請求項8記載の本発明によれば、線状アンテナ素子の電界の高い所と低い所が近接する配置することで、電界の高い所同士が近接して素子間の相互干渉が起こることを防止できる。また、素子密度を高くし、減衰度をあげることができる。

【0025】請求項9記載の本発明によれば、端部開放形状の線状アンテナ素子は、この線状アンテナ素子部分が環状線路形状であることにより、反射等価面積を増加させることができ、高帯域化と高減衰化が可能となる。

【0026】高度な減衰量を確保するには線状アンテナ素子を極力近接させて配列することが望ましいが、反面、必要以上に近接させてガラス面に配置すると視覚的に問題（目障り）を発生させる。請求項10記載の本発明によれば、線状アンテナ素子の配列間隔と減衰量の関係に相関関係があることを発見し、必要とされる減衰量から線状アンテナ素子相互の配列間隔を決定することで極力線状アンテナ素子相互間に隙間を大きく確保して、よりよい視覚性をガラス面に確保できる。

【0027】高度な減衰量を確保するには、線状アンテナ素子の損失抵抗を極力低くすることが望ましい。これには線幅を広くすることにより損失抵抗の低減を図ることが望ましい。しかし、線状アンテナ素子の線幅を増すことはこれを配列した場合のガラス面の光学的透過性を損なうことになる。線状アンテナ素子を0.5mm程度の線幅とした場合、請求項11記載の本発明によれば、望ましくは体積抵抗率を 5×10^{-8} ($\Omega \cdot m$) 以下とすることにより十分性能を確保することができる。

【0028】同様に高度な減衰量を確保するため線状アンテナ素子の損失抵抗を極力低くするには電気抵抗の低い素材を採用することが望ましい。線状アンテナ素子の素材としては銅や銀、金が最適であるが、金はコスト高であり、銅は酸化により抵抗値の上昇がある。請求項12によれば、価格がそれほど高くなく、酸化により抵抗値が上昇するおそれのない銀を採用するものであり、少量例えば、5%程度のガラス質を混入させることでガラスと一体化させ線状アンテナ素子の寿命をガラスと同程度とすることができます。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面について詳細に説明する。図1は本発明の電磁シールド構造を施した窓ガラスの第1実施形態を示す斜視図で、図中1は窓ガラス、2はサッシ枠を示し、遮蔽しようとする電波の周波数に対応した長さの線状アンテナ素子5を電磁界反射等価面積または体積を考慮して窓ガラス1上に規則的に配列させ、この線状アンテナ素子5で電波を減衰させることとした。

【0030】先に、本発明に関連する基本原理について

説明する。導体片が空中にある場合、この面に電波が入射すると、1部は反射、1部は吸収、残りは透過する。この導体片による電波の減衰量は導体片の形状や大きさによって異なる。この導体片を図3に示すように端部が開放の線状アンテナ素子（ダイポール）3としたとすれば、電波を反射するとともに一部は吸収される。

【0031】図4に示すように、平面電磁界に平行に置かれた半波長（ $\lambda/2$ ）の線状アンテナ素子（ダイポール）3はアンテナ素子の金属部分の面積のみが電磁波エネルギーを受信するのではなく、金属面の近傍の電磁界を吸い取っている。その広がりは均一ではないが等価断面積Aeは、下記式1で計算値が表示される。

【0032】

【式1】

$$A_e = 0.13\lambda^2 \quad (\lambda/2 \times \lambda/4 \text{ の面積})$$

【0033】この等価断面積Aeの範囲の電磁波の約3/4は反射され、残り約1/4が受信電力となる。これが実効開口である。

【0034】図5に示すように、このような半波長（ $\lambda/2$ ）の線状アンテナの受信入力抵抗をゼロにすると、理想的な損失のないアンテナ素子であれば、空間に電力がすべて反射され、その等価な面積は前記の実効開口の4倍になり（散乱開口）、このような線状アンテナ素子3による素子を前記等価面積 $4 \times A_e$ （散乱開口）に応じて図6に示すように窓ガラス1に配列すれば、あたかも金属膜を貼ったと同様な電波反射効果を示す。アンテナ素子は一般に周波数依存性をもつが、その特性と受信端抵抗=0がこの線状アンテナ素子3による素子の基本動作であり、もし線状アンテナに損失があれば、電波の一部は電力としてアンテナ損失抵抗に吸い取られる。

【0035】しかも線状アンテナ素子3は散在するものなので、窓ガラス1の探光性・可視性を損なうこともない。なお、線状アンテナ素子3をなす導線の太さは視界の妨げにならないように細く、かつ損失の少ないものを選択する。

【0036】ところで1885～1950MHzは、現行のパーソナル通信（PHS-JAPAN., PCS-US. DECT-Europe）および西暦2000年から実用になるFPLMTS（Future Public Land Mobile Telephone System）の周波数帯であり、2420～

40 2480MHzはITUで定めるISM（Industrial-Scientific-Medical——工業、科学、医療）用の周波数帯でビル内では無線LANに割り当てられているほか電子レンジや大電力の非破壊検査用線形加速機にも使われている。

【0037】PHSの場合は周波数が1.90GHzであるとすると、波長が $\lambda = \text{約}158 \text{ mm}$ 、無線LANの場合は周波数が2.45GHzであるとすると、波長が $\lambda = \text{約}122 \text{ mm}$ だから、それぞれの線状アンテナ素子3は面積 $4 \times A_e = 12,980 \text{ mm}^2$ （PHS）、 $4 \times A_e = 7,740 \text{ mm}^2$ （LAN）に相当し、これをガラス表面またはガラス板間に前

記電磁界反射等価面積 $4 \times A_e$ を考慮して規則的に配列、すなわち点在させればよい。

【0038】しかし、図6に示すように線状アンテナ素子3を横一列に配置するのでは、実際の電波の偏波面がこのように横一列でなく、様々な偏波面には対応できない。そこで線状アンテナ素子3はこれを後述のような方向性をもつ端部開放形状か、環状線路形状とする。このようにすることであらゆる面の傾きの異なる電波にも対応できる。

【0039】図1、図2は本発明の第1実施形態を示すもので、線状アンテナ素子5は端部開放形状とし、遮蔽しようとする電磁波の波長を入、ガラス面に線状アンテナ素子を配列した時の等価比誘電率を ϵ_q とした場合、一辺の長さが略入／(4 $\sqrt{\epsilon_q}$) の逆Y字形素子であるとした。すなわち、空気中では ϵ_q が1であるので、線状アンテナ素子5は中心5aから伸びる一辺の長さが遮蔽しようとする電波の1/4波長となる。しかしこの線状アンテナ素子5をガラス上に配置するとガラスや境界面の誘導率により一辺の長さは変わる。

【0040】なお、前記線状アンテナ素子3や線状アンテナ素子5を設ける窓ガラス1としては、フロートガラスまたはグレーベンガラス等がよく、またガラス表面またはガラス板間に線状アンテナ素子3や線状アンテナ素子5をこのアンテナ素子が有する電磁界反射等価面積を考慮して規則的に配列させる方法としては、フィルム膜の貼り付けによる。

【0041】前記フィルム膜の貼り付けはガラスの破損時の飛散防止や、日射量の調整も可能である。また、建設後から追加施工することもできるし、相対的に安価な方法である。フィルム材として、ポリイミドフィルムやポリエステルフィルム、ポリエチレンフィルム等の合成樹脂フィルムに、線状アンテナ素子5を回線パターンとしてエッティング法やラミネート法やスクリーン印刷法で設け、これをガラス等に貼ることになる。

【0042】前記エッティング法はフレキシブル基板としてのフィルムに銅箔を張り付けたものを基材として使用し、バターン部にマスキングをして残る部分を溶剤で溶解する一般的のプリント基板と同様な手法からなる。これに対してスクリーン印刷法は基材上に銀、金などの金属ペースト印刷を施すことにより回線バターンを構成するものである。

【0043】前記Y字形の線状アンテナ素子5を配置した電磁波シールドガラスの性能確認を行うためにガラス表面に銀ペーストにより線状アンテナ素子5を焼成印刷して行った実験結果を図9に示す。

【0044】最大減衰量は35dB（中心周波数1.9GHz）で、目標とした30dBの減衰帯域幅は35MHz程度となりPHS電波使用帯域に対して十分なシールド性能を持つことが確認された。

【0045】下記表-1にこのガラス仕様を、表-2に実験概要を示す。

【0046】

【表1】

項目	仕 様
基盤ガラス	グレーベンガラス 60cm × 60cm 厚さ8mm
エレメント	銀ペースト焼成印刷 (Ag:95%、その他ガラス質5%) 線長 21mm 線幅 0.5mm

【0047】

【表2】

項目	概要
計測方法	電波暗室開口部による挿入損失法 (開口部寸法 110cm × 50cm)
計測器	発信器: シンセサイズドスイーパー 受信器: スペクトラムアナライザ アンテナ: Wリジットガイドホーンアンテナ
計測距離	60cm, 200cm
入射角	0°, 60°
偏波面	垂直, 水平偏波

【0048】図10は線状アンテナ素子5を4角形、すなわち十字形の素子とした場合である。この場合、中心5aが電位の低い所となり、各辺5bの端が電位の高い所となる。図10の場合と比べて図2の場合は、線状アンテナ素子5の電位の高い所と低い所が近接する3角形を配置することで、電位の高い所同士が近接して素子間の相互干渉が起こることを防止できる。また、3角形として配列することで素子密度を高くすることができる。

【0049】図12に端部開放形状の線状アンテナ素子5のさらなる変形例を示す。このうち左側に示す一字形のものは、全長が遮蔽しようとする電波の1/2波長と同じくなる。

【0050】また、前記線状アンテナ素子5を配列した窓ガラス1は、ガラスの突き合わせ(ガラス間の隙間)間にパッキン等の配置部分でアンテナ素子5がない部分があっても十分対応できることを実験結果で確認した。これによれば、ガラス間隙サイズ変更によるシールド中心周波数変移がわずかに見られるが、30mm程度までシールド要求性能は満足できる。

【0051】この実験は図21に示すように、開口部(幅51cm×高さ111cm)を有するシールドルームの室内のアンテナより一定出力で電波を発信し、シールドルーム室外のアンテナよりこの電波を受信するもので、開口部に2枚の前記供試体による本発明の窓ガラス1を組み、この窓ガラス1間の隙間の間隔を変化させた時の受信電界強度をスペクトラムアナライザにて計測したものである。

【0052】ところで、先に線状アンテナ素子5は電磁界反射等価面積または体積を考慮して窓ガラス1上に規則的に配列させ、この線状アンテナ素子5で電波を減衰させることとしたと述べたが、さらに、線状アンテナ素子5同士の最適間隔については必要とする減衰量を考慮し定めることができる。

【0053】高度な減衰量を確保するには線状アンテナ素子5を極力近接させて配列することが望ましいが、反面、必要以上に近接させて窓ガラスのガラス面に配置すると視覚的に問題(目障り)を発生させる。

【0054】図22、図23はこのような線状アンテナ素子の配列間隔と減衰量の関係を見るための実験装置であるが、銅の棒を線状アンテナ素子に見立てて実験を行なった結果、図24に示すような相関関係を得た。

【0055】そこで、線状アンテナ素子5相互は、減衰量の関係を考慮して配列間隔を決定することとし、必要とされる減衰量から線状アンテナ素子相互の配列間隔を決定することで極力線状アンテナ素子相互間に隙間を大きく確保して、よりよい視覚性をガラス面に確保できる。

【0056】また、前記実験結果で、線状アンテナ素子5の素材は銀ベースト焼成印刷、線幅0.5mmとしたが、線状アンテナ素子5は、体積抵抗率を 5×10^{-8} (Ω·m)以下とすることが望ましい。

【0057】高度な減衰量を確保するには、線状アンテナ素子の損失抵抗を極力低くすることが望ましい。これには線幅を広くすることにより損失抵抗の低減を図るところあるいは導電性の良い素材を採用することが望ましい。しかし、線状アンテナ素子の線幅を増すことはこれを配列した場合のガラス面の光学的透過性を損なうことになる。前記のごとく、線状アンテナ素子を0.5mm程度の線幅とした場合、請求項11記載の本発明によれば、体積抵抗率が少なくとも 5×10^{-8} (Ω·m)以下であれば十分性能を確保することができる。

【0058】また、線状アンテナ素子の素材としては銅や銀、金が電気抵抗の低い素材として最適であるが、金はコスト高であり、銅は酸化により抵抗値の上昇がある。前記のごとく、銀を採用することにより、価格がそれほど高くなく、酸化により抵抗値が上昇するおそれの

ないものとなる。さらに、5%程度のガラス質を混入させることでガラスと一体化させ線状アンテナ素子の寿命をガラスと同程度とすることができます。

【0059】図7、図8は端部開放形状の線状アンテナ素子5の代わりに、環状線路形状の線状アンテナ素子とした場合で、Y字形の環状線路形状とした例である。さらに、図11に環状線路形状の線状アンテナ素子4の変形例を示す。三角形、四角形、その他の多角形、円形等種々の形状のものが考えられる。

【0060】かかる環状線路形状の線状アンテナ素子4は、その周囲長（電気長）を遮蔽しようとする電波の波長と同じくする。正確には、波長を λ 、等価比誘電率を ϵ とした場合、線状アンテナ素子4は周囲が約 $\lambda/4\sqrt{\epsilon}$ のリングとなる。

【0061】この環状線路形状の線状アンテナ素子4は前記端部開放形状の線状アンテナ素子5に比べて線幅が細いものですみ、また、端部開放形状の線状アンテナ素子の $\lambda/4$ より短い素子のキャパシタンス成分を折り返しループのインダクタンスで打ち消して共振条件を得ている。輻射抵抗は低いが折り返し線路の効果で4倍に高めている。

【0062】素子が短いので、電界が低くガラスに誘電率の影響を少なくでき、また、ループ幅を広げると $Z_0 b$ （平行2線の特性インピーダンス）が高くなり、ガラスの影響を低くする効果が得られる。さらに、幅を広げると等価半径が大きくなり細い線で広い帯域が実現できる。

【0063】図13は前記端部開放形状の線状アンテナ素子5のさらなる変形例として、この線状アンテナ素子5の部分が環状線路形状5cであるようにした。いわば、端部開放形状の線状アンテナ素子の部分に環状線路形状の線状アンテナ素子を組み込んだ複合形とする。

【0064】このようにすることで、細い線を多数並列に使うことになり、反射表面積を増加させることができるとともに透視性を劣化させないで高周波損失抵抗値を低下させ、高帯域化と高減衰化が可能となる。

【0065】ところで、例えば、携帯電話では周波数帯は900 MHz帯と1,500 MHz帯の2種類がある。同様に、PHSは周波数が1.9 GHzであり、無線LANの場合は周波数が2.45 GHzである。これらの電波帯に電磁シールドを行うには、複数周波数帯に対応することが必要となる。

【0066】図14はこのような複数周波数帯対応を有する電磁シールド方法の実施形態を示す斜視図で、長さの異なる線状アンテナ素子を組合せて規則的に配列させることとする。本実施形態では環状線路形状の線状アンテナ素子4と端部開放形状の線状アンテナ素子5を組合せたものをそれぞれ等価電磁界反射面積（体積）を考慮して規則的に配列させるが、図15に示すように端部開放の線状アンテナ素子5はY字形のもの、環状線路形状の

線状アンテナ素子4は正三角形のものとする。なお、線状アンテナ素子3は2重のものとしたが、これを1重のものとしてもよい。

【0067】また、線状アンテナ素子5は線状アンテナ素子4の中に非接続で納まる。このようにすることで、素子間の干渉を軽減することができる。図16には図15に示す線状アンテナ素子4、5の電磁シールド効果を示すが、縦軸は減衰量、横軸は周波数である。（DDSは線状アンテナ素子3を2重のものとした場合、SDSは1重のものとした場合である。）

【0068】図17に環状線路形状の線状アンテナ素子4と端部開放形状の線状アンテナ素子5を組合せたものの変形例を示す。図中aは端部を折り曲げた例である。

【0069】さらに、複数周波数帯対応を有する電磁シールド方法として、図18に示すように端部開放形状の線状アンテナ素子5同士で、長さが異なるものを組合わせる場合や、図19に示すように環状線路形状の線状アンテナ素子4同士で長さが異なるものを組合わせる場合も可能である。

20 【0070】また、複数周波数帯対応として3つの周波数帯のための線状アンテナ素子の組合せ例を図20に示す。

【0071】なお、前記の実施形態は建物の窓に使用する窓ガラスについて述べたが、その他、自動車や列車等の乗り物の窓ガラスや、パーテーションやボックス等の什器の窓ガラスその他にも適用できる。

【0072】

【発明の効果】以上述べたように本発明の電磁シールド構造は、アンテナ素子長に応じた周波数帯の電波のみシールドし、これ以外の電波は透過できるので必要な周波数の電波帯のみを選択して電磁シールドが可能なものである。

【0073】また、最大40 dB程度のシールドが可能で、アンテナ素子周囲に反射領域ができるため、ある程度隙間が存在してもシールド性能は確保でき、アンテナ素子の細線化が可能なので、採光性・可視性を損なうことがない。

【0074】さらに、これを施した部材間の隙間部分の処理や接地のための導電材による通電処理をする必要もないものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電磁シールド構造を施した窓ガラスの第1実施形態を示す斜視図である。

【図2】本発明の電磁シールド構造を施した窓ガラスの第1実施形態を示す要部の正面図である。

【図3】線状アンテナ素子を短絡型ダイポールとした場合の説明図である。

【図4】本発明の電磁シールド構造における電磁シールド方法の原理を示すその1の説明図である。

【図5】本発明の電磁シールド構造における電磁シール

ド方法の原理を示すその2の説明図である。

【図6】線状アンテナ素子を配置した窓ガラスの正面図である。

【図7】本発明の電磁シールド構造を施した窓ガラスの第2実施形態を示す斜視図である。

【図8】第2実施形態での線状アンテナ素子の正面図である。

【図9】Y字形の線状アンテナ素子を配置した本発明の電磁シールド構造の性能確認を行った実験結果のグラフである。

【図10】線状アンテナ素子を十字形とした場合の配置を示す説明図である。

【図11】環状線路形状の線状アンテナ素子の変形例を示す説明図である。

【図12】端部開放形状の線状アンテナ素子の変形例を示す説明図である。

【図13】端部開放形状の線状アンテナ素子の変形例を示す正面図である。

【図14】本発明の電磁シールド構造を施した窓ガラスの第3実施形態を示す斜視図である。

【図15】環状線路形状の線状アンテナ素子と端部開放形状の線状アンテナ素子の組合せの一例を示す平面図である。

【図16】図13に示す線状アンテナ素子の電磁シールド効果を示すグラフである。

* 【図17】環状線路形状の線状アンテナ素子と端部開放形状の線状アンテナ素子を組合せたものの変形例を示す説明図である。

【図18】端部開放形状の線状アンテナ素子同士で、長さが異なるものを組合せ例を示す説明図である。

【図19】環状線路形状の線状アンテナ素子同士で長さが異なるものを組合せ例を示す説明図である。

【図20】3つの周波数帯のための線状アンテナ素子の組合せ例を示す説明図である。

10 【図21】窓ガラス相互に隙間の遮蔽性能を確認する実験設備の説明図である。

【図22】線状アンテナ素子の配列間隔と減衰量の関係を見るための実験装置の正面図である。

【図23】線状アンテナ素子の配列間隔と減衰量の関係を見るための実験装置の縦断側面図である。

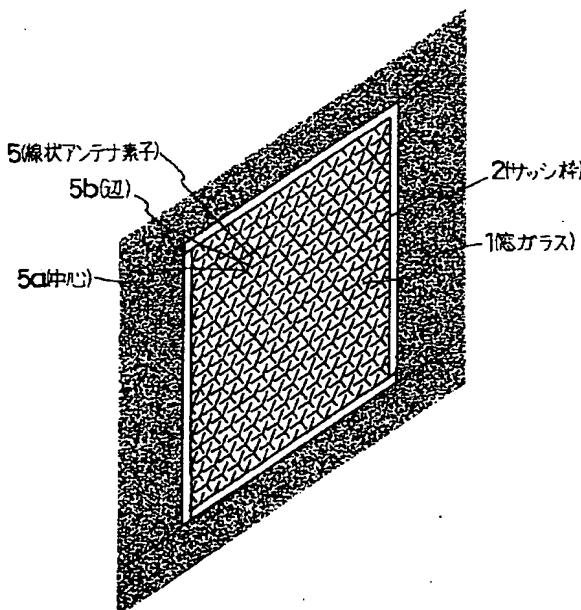
【図24】線状アンテナ素子の配列間隔と減衰量の関係の実験結果のグラフである。

【符号の説明】

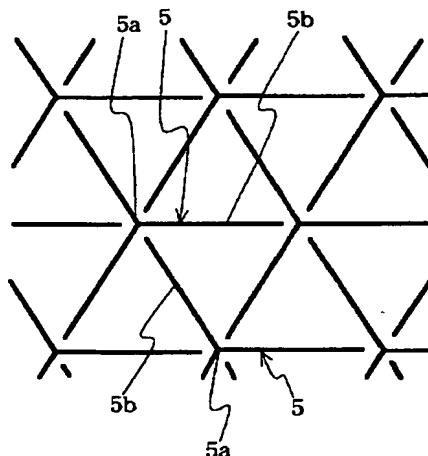
1…窓ガラス	2…サッシ枠
3…線状アンテナ素子	4…線状アンテナ素子
5…線状アンテナ素子	5 a…中心
5 b…辺	5 c…環状線路
形状	

*

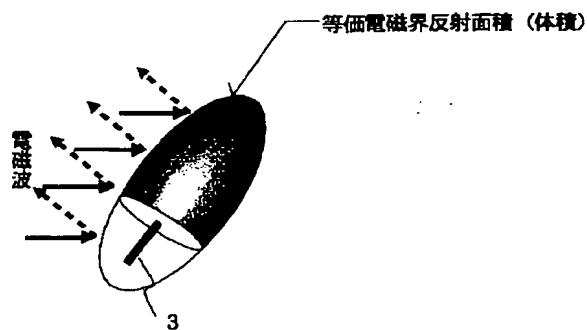
【図1】



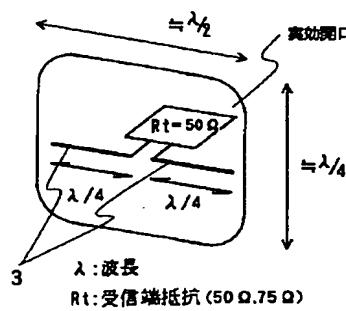
【図2】



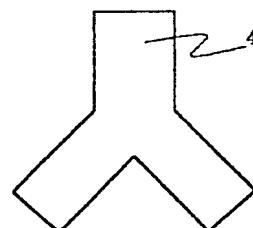
【図3】



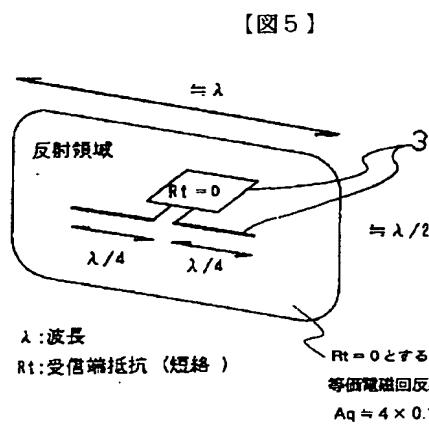
【図4】



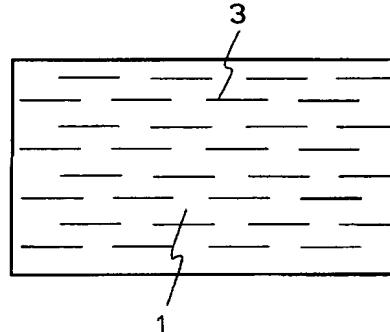
【図8】



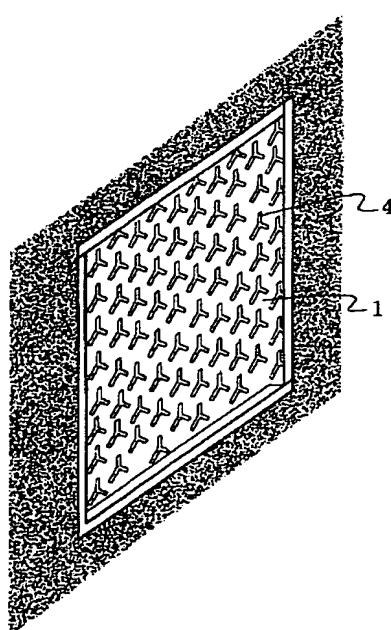
【図15】



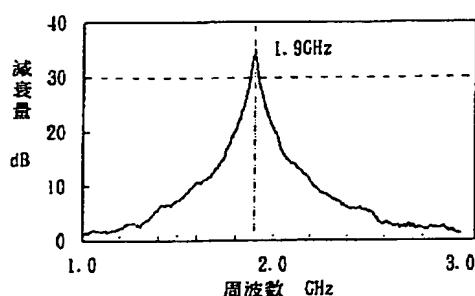
【図6】



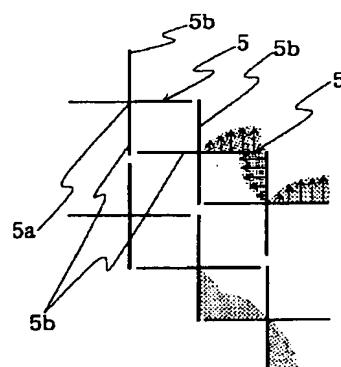
【図7】



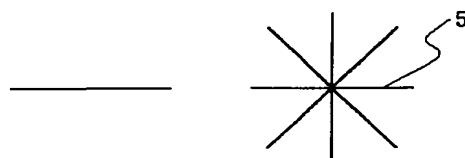
【図9】



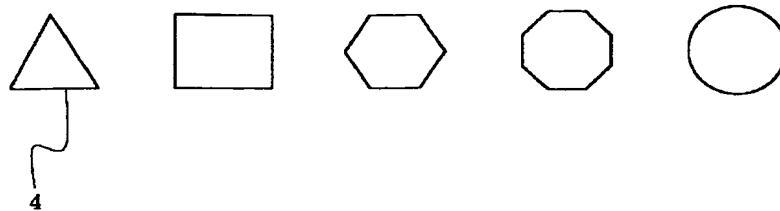
【図10】



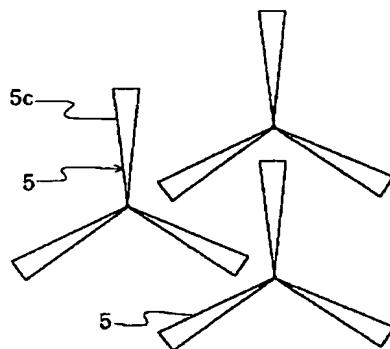
【図12】



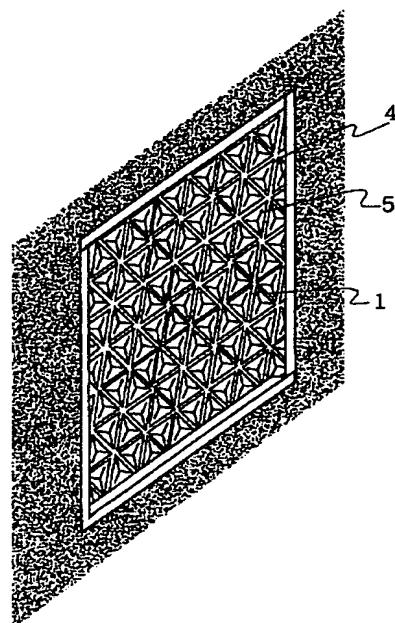
【図11】



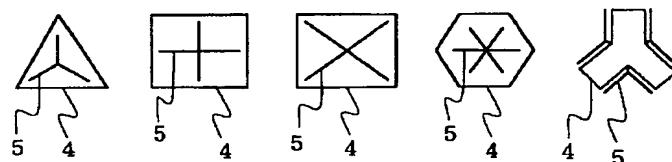
【図13】



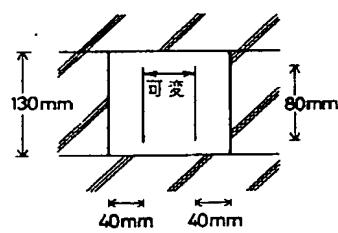
【図14】



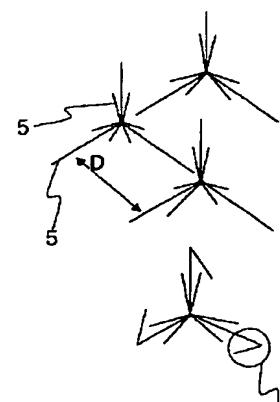
【図17】



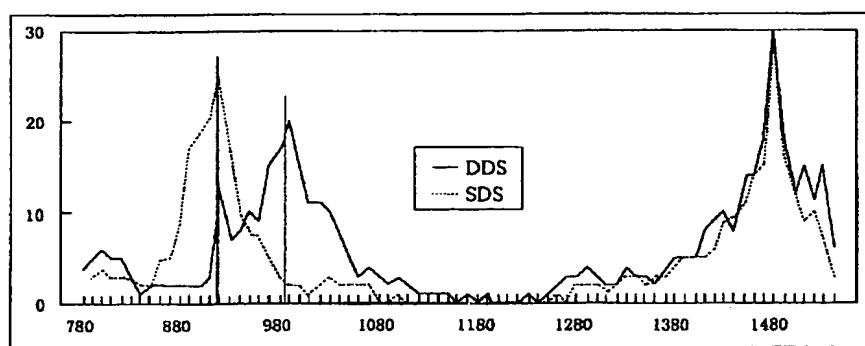
【図22】



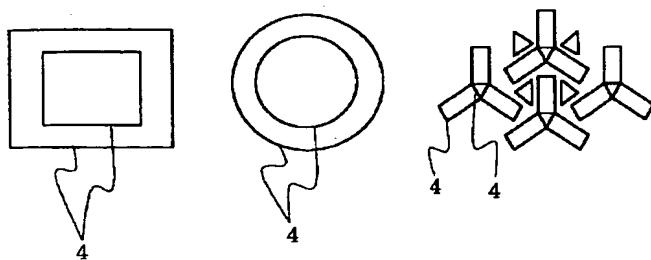
【図18】



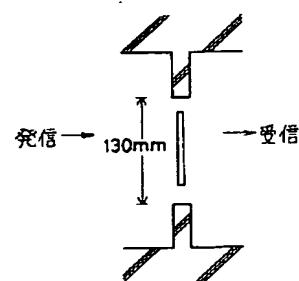
【図16】



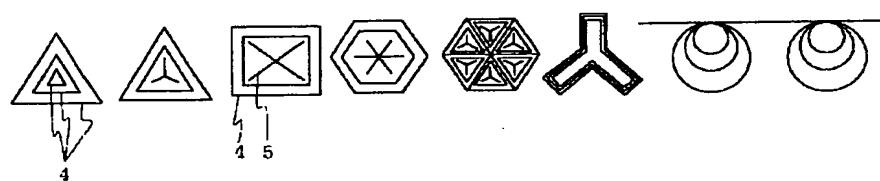
【図19】



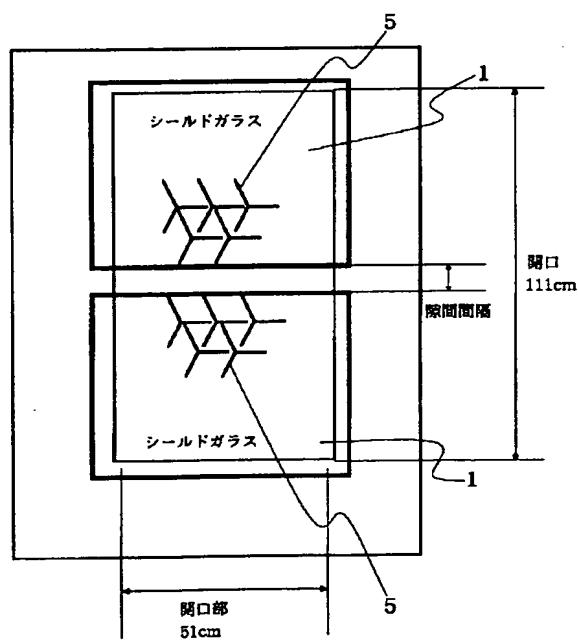
【図23】



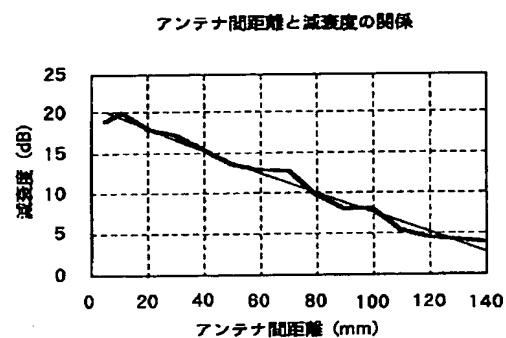
【図20】



【図21】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 笹田 雅昭
兵庫県宝塚市逆瀬川2-8-57 国際情報
科学研究財団内
(72)発明者 吉田 義政
大阪府大阪市西区阿波座一丁目3番15号
鹿島建設株式会社関西支店内

(72)発明者 山野上 和志
大阪府大阪市西区阿波座一丁目3番15号
鹿島建設株式会社関西支店内
(72)発明者 高坂 修一
東京都調布市飛田給二丁目19番1号 鹿島
建設株式会社技術研究所内
(72)発明者 平井 淳一
東京都調布市飛田給二丁目19番1号 鹿島
建設株式会社技術研究所内